

# 大型深凹露天转井下深部开采技术研究

王 葵 明<sup>1</sup> 任 凤 玉<sup>1</sup> 张 永 亮<sup>2</sup>

(1. 东北大学·沈阳 110004; 2. 西北矿冶研究院·白银 730900)

**摘 要** 本文通过对国内外大量露天转井下开采矿山的普遍性及特殊性的研究,阐述了受民采严重破坏的厂坝铅锌矿的现状 & 开采技术条件的巨大转变,以及厂坝深凹露天开采转井下深部开采技术研究的 特点和创新,即高陡边坡、空区破坏及空区集水条件下的高效采矿工艺技术以及岩体移动规律和诱导 技术的应用。

**关键词** 露天转井下 深部开采 诱导技术 集水空区 空区处理

中图分类号 TD216 文献标识码 A 文章编号 1004—4051 (2005) 07—0057—03

## TECHNICAL STUDY OF DEEPER MINING FROM LARGE DEEP HOLLOW OPENCAST WORKING TRANSFER TO UNDERGROUND MINING

Wang Yanming<sup>1</sup> Ren Fengyu<sup>1</sup> Zhang Yongliang<sup>2</sup>

(1. Northeastern University · Shenyang 110004;

2. Northwest Research Institute of Mining and Metallurgy · Baiyin 730900)

**Abstract:** Through examination of universality and particularity to a great many mines that the opencast working had changed the underground mining at thome and abroad, expounded the actuality and huge changed on the condition of mining technology of the Changba Mine brokeed by the lawless mining, and the characteristic and innovate of deeper mining technology from opencast working to underground mining in the Changba Mine. This is that application of the high efficiency mining technology, the disciplinarian of rock mass moved and the abd technology in the condition of high-steep slope and space area brokeed and space area watered.

**Keywords:** Opencast working change to underground mining Deeper mining Abd technology Space area watered Space area treated

### 1 引言

厂坝铅锌矿是一座年产接近 8~10 万 t 铅锌金属量的大型有色金属矿山。遭受群采严重破坏后露天二期开采方案被迫终止,转入井下开采。露天最终境界采深为 350m,最终边坡角为 51°,为国内罕见高陡露天边坡。深凹露天坑、高陡边坡、群采空区星罗棋布、采空区集水及相邻矿山的无序越界开采干扰,给矿山井下深部开采在技术上带来了前所未有的难题。近年来,通过一系列科研攻关项目的开展,矿山在空区探测和探水技术、空区处理、空区利用、地压活动规律、岩体移动规律、诱导技术应用以及高效采矿方法试验等方面取得了技术突破。

矿山生产能力从原露天开采的 30 万 t/a,发展到目前井下开采 86 万 t/a 的生产规模。在这一发展过程中不仅体现了露天转井下开采的普遍性,而且由于厂坝铅锌矿特殊的开采技术条件,形成了厂坝铅锌矿深部开采技术的特殊性和技术创新,对于国内外类似矿山的开采提供可操作性强的技术信息。

### 2 国内、外大型露天转井下开采现状

#### 2.1 国内外大型露天转井下开采的技术条件

随着露天开采深度的增大,地压也随之增大而且复杂化,在露天转井下开采的过程中,形成了一个露天开采、境界矿柱和挂帮矿开采、主矿体地下开采的统一采空区,而且其形状十分复杂。

井下采空区在岩体力学变化过程作用下,同一岩体区段上受到数个应力场的作用,使应力与变形状态很不均匀。一般采用数值模拟计算(有限元、边界元、离散元)的方法能够找出地压活动规律,

收稿日期:2005—06—23

作者简介:王葵明(1956—) 男 教授级高级工程师 博士在读  
享受国务院政府特殊津贴 主要从事矿山开发和露天、井下采矿技术  
研究以及矿山管理工作

以及位移容易发生的区段，采动对边坡稳定的影响等。可以进行露天坑底回填岩石附加载荷对边坡及坑底应力分布进行有利影响的人工干预，优化地下开采顺序<sup>[1]</sup>。

2.2 国内外露天转井下开采矿山的普遍性

露天转井下开采矿山一般是在设计阶段全面统一规划露天开采境界和井下开采方案，这些矿山逐步由露天开采向井下开采过渡最终全面转向地下开采。在向井下开采过渡时，井下开采都尽可能利用露天开采的工程、设施和有利因素，使露天开采平稳地过渡到井下开采，保证矿山产量和经济效益保持稳定发展。

露天转地下开采的矿山，要经过露天开采期、露天与地下联合开采的过渡期和完全井下开采期三个阶段，矿山的开采强度和矿山企业的生产能力在各阶段因各种因素影响而有所不同。

露天转井下开采矿山过渡期一般情况下矿山采取不停产过渡，露天产量逐渐减少，地下产量逐渐增加，直至露天矿结束，地下矿达到设计产量，在过渡时期内露天与井下联合开采。国内外一些露天转地下开采的实际过渡期，一般为 5~10 年，甚至更长一些。

国内外许多矿山由于及时地进行转地下开采规划和准备工作，在矿山不停产的情况下保证过渡期的产量平稳，避免了矿山生产的大起大落。

2.3 国内外露天转井下的技术特点

国内露天转地下开采的矿山有江苏凤凰山铁矿和冶山铁矿、安徽铜官山铜矿、湖北红安萤石矿、甘肃白银折腰山铜矿、江西良山铁矿、浙江漓渚铁矿、山东金岭铁矿和厂坝铅锌矿等。这类矿山在工艺技术上主要特点是：联合穿爆井下出矿采矿工艺、露天漏斗法采矿工艺、井下穿爆露天出矿工艺等，转入井下开采后采矿方法多采用无底柱崩落法和有底柱崩落法，岩石覆盖层厚度在 15~20m。

浙江漓渚铁矿露天开采结束后，沿矿体走向留下了三个露天坑和顶底板三角矿带，转入地下开采后，先采用无底柱分段崩落法回采顶底盘残矿，然后采用大爆破的方式一次性将顶底板围岩崩落形成 20m 以上的废石覆盖层，作为地下开采时的覆岩层，以确保地下采矿的安全。<sup>[2,5]</sup>

国外露天转地下开采的矿山较多，如瑞典的基鲁纳瓦拉矿、南非的科丰丰坦金刚石矿、加拿大的基德格里克铜矿、芬兰的皮哈萨尔米铁矿、前苏联的阿巴岗斯基铁矿、澳大利亚的蒙特莱尔铜矿等<sup>[6,7]</sup>，这些矿山在地质、资源、生产、环境和经济等不同因素的影响下，就合理确定露天开采的极限深度、露天开采向地下开采过渡时期的产量衔

接、露天坑盆底的矿柱与缓冲层、露天开采的开拓系统与地下开采的开拓系统衔接、露天开采的边坡管理与残柱回采、坑内通风与防排水系统等主要问题进行了研究<sup>[5]</sup>，技术上取得了成功，经济效果较好。

3 厂坝铅锌矿露天转井下的开采技术条件

3.1 开采技术条件的巨变

厂坝铅锌矿主要开采的 I、II 号矿体均为似层状厚大矿体，露天开采境界最低至 1253m 水平，其下部转为地下开采；李家沟矿区矿体普遍呈条带状，倾角大，多条平行分布，水平可采面积比较小而分散，与厂坝铅锌矿统一规划进行地下开采建设。

两矿区由于群采的破坏，综合品位普遍下降，边界品位由于技术条件和市场动态因素一度由原来的  $Pb \geq 0.5\%$ ， $Zn \geq 0.8\%$  上调到目前的  $Pb + Zn \geq 3\%$ ，星罗棋布的采空区给正常采矿设计与作业造成很大的困难。两矿区的开采技术条件发生了根本性的转变，以至于恶化。<sup>[3]</sup>

3.2 群采空区与露天高陡边坡

1986 年以来，厂坝铅锌矿遭受严重群采影响，群采采矿硐达两百多家，分支矿硐无法统计，受群采空区影响相继发生两次钻机陷落和被迫停产的严重事故。形成了上至露天盆底，下至深部 907m 水平，垂直高度 360 余米，全长 1850 m（31~105 勘探线）范围内相互交错重叠、相互联系、大小不等、形态各异的不规则采空区数百个（其中已查明 201 个，采空区总体积约 142 万  $m^3$ ）。采空区高度在 10~25m 之间，跨度大多在 40m 左右。空区之间相互贯通，有的被废石充填，有的被人为崩落破坏，有的被水淹没。至今还有大量的空区尚未探明，对安全生产构成威胁。

被迫终止露天二期工程后，二期边坡剥离作业也相继停止，最终遗留边坡角  $51^\circ$ ，属国内罕见高陡露天边坡，边坡高度 350m，给转井下开采过渡期衔接采矿技术带来诸多难题。

3.3 集水群采空区的危害

群采空区经过多年闲置，大多已经充满积水，空积积水的长期存在，成为采掘作业中发生突水的重大危险因素，采掘工艺过程不得不增加了探空探水环节，从而影响采掘作业进度，增加采掘成本。另一方面由于矿岩弱结构面的存在，在地压作用下发生工程岩体移动的可能性大大增强。2003 年曾发生不明水体突出现象，几近淹没整个 1082 中段巷道，后突水自然消退。

3.4 地压活动和矿岩移动显现

随着厂坝矿采深的不断增加，高陡边坡和不规则空区群以及空区积水的影响，深部地压活动初步

显现, 矿岩移动现象多有发生, 最为严重的表现: 一是位于Ⅱ#矿体露天边坡下的 1237 水平采准工程, 处于高应力区, 形成两年多后发生明显变形, 时有片帮冒顶发生, 使得最初支护方式基本失效; 二是位于李家沟矿区 1213 水平 65 线以东矿房底部结构整体塌陷, 使得整个矿房无法回采。

#### 4 厂坝铅锌矿露天转井下深部开采技术研究

##### 4.1 衔接期采矿工艺特点

厂坝矿的露天转井下开采是在被迫的情况下做出的方案决策, 群采破坏使原露天开采方案无法执行下去, 为了使矿山生产规模保持稳定发展, 需要矿山在较短的时间内转入井下开采。采矿工艺在衔接过渡期实现露天与井下联合开采, 露天按预订方案保持一定生产能力并在合理的年限(3~5 年)内闭坑, 衔接过渡期采矿工艺采用中深孔分段空场法, 中段高度为 60 m, 分层高度 12 m, 矿房采用小宽度 20 m, 间柱为 10 m, 无底柱平底堑沟机械化出矿。采矿工艺的成功实施, 使得露天转井下平稳过渡, 露天结束时井下生产能力已经达到 80 万 t/a。

##### 4.2 井下采矿工艺系统化

厂坝矿井下开采技术条件非常复杂, 在采矿工艺中不得不考虑空区的存在, 由于采空区具有不规则、宽度和高度有限、包含在矿体中的共性, 在布置采场之前先做好空区探测和防水作业, 在此基础上, 灵活地布置矿房和矿柱, 尽量避免在矿柱中出现空区, 工艺参数的选取不拘泥于完整矿床的开采模式。回采工艺尽可能地利用空区做为爆破自由面, 减化了拉槽工艺。在采矿工艺过程中处理了群采空区, 化解了采空区所带来的危害。形成了探空、采矿、处理空区工艺的系统化。

##### 4.3 深部采矿技术工艺特点

衔接期采矿工艺以空场法为主, 逐步形成了适用于复杂开采条件的采矿工艺。进入深部开采后, 在利用成熟的采矿工艺的同时, 从宏观上对采矿工艺做了相应的调整, 即在正常生产中段仍然以中深孔分层空场采矿方法为主, 上部中段进行矿柱回收和空区处理, 工艺变通为矿柱一次崩落覆盖岩(或氧化矿)下出矿, 崩落矿柱时暂时保留原来的平底出矿堑沟分层, 将矿柱矿量基本回收, 最后用分段崩落法后退式出矿的方法将堑沟分层矿量回收, 达到最大限度的利用资源。

#### 5 空区处理特点

##### 5.1 地探雷达探测空区技术的应用

针对厂坝矿复杂的空区形状和分布特点, 以及恶劣的空区积水, 首次提出在地下金属矿山工程灾害隐患探测中应用探地雷达的新方法。地下金属矿

井下的介质一般为金属矿石、围岩等, 对于品位不是特别高的金属矿石而言, 具有较低的电导率, 因经, 在一定深度范围内探测地下金属矿山工程灾害隐患是可行的<sup>[4]</sup>。

探地雷达的应用, 成功地解决了对于三级矿量范围内采空区内其积水情况的探测, 为采矿工艺和工程布置, 矿房结构参数的选取提供了重要的信息, 成为保证采矿工艺系统顺利实施的重要手段。

##### 5.2 群采空区在采矿工艺中的利用

厂坝矿的空区不是正常科学采矿工程形成的产物, 因此, 对空区的处理突破了传统的“隔离封闭法、爆破崩落法、充填法”观点, 而是变危害于利用, 将群采空区包容到采矿工艺中, 经过一个中段的采矿工艺实践证实这种理念和方法是正确的。

##### 5.3 诱导技术在采空区处理中的利用

针对矿体上部氧化矿节理裂隙发育, 整体稳固性较差的特点, 在露天闭坑后利用诱导冒落技术, 逐渐增大顶板跨度, 适当采取深孔诱导爆破振动, 使这一部分矿体自然崩落, 即为下部开采形成了覆盖层, 在氧化矿处理技术条件成熟后可从井下直接采出。

#### 6 结语

在极其复杂的采矿技术条件下, 厂坝铅锌矿已经顺利地从露天开采转入井下开采, 方案的制定和采矿工艺的试验研究以非常规的思维方式来解决非常规的问题, 生产能力从露天转井下之前的 30 万 t/a, 达到目前井下 80 万 t/a 以上的生产能力。无论是方案还是采矿工艺均与国内外正常条件下露天转井下有所不同, 生产工艺中引入了国内外先进的地探雷达探测井下空区的新技术, 也应用了岩石力学的最新理论, 即诱导技术在井下采矿工艺中的局部应用成功。

##### 参考文献

- [1] 李鼎权. 论露天转地下开采的若干特点 [J]. 金属矿山, 1994, 2: 9-12.
- [2] 郭金峰. 金属矿山露天转地下开采的发展现状与对策 [J]. 云南冶金, 2003, 32 (1): 7-10.
- [3] 张永亮. 厂坝铅锌矿的开采与持续发展探讨 [J]. 甘肃冶金, 2004, 26 (4): 28-31.
- [4] 刘敦文. 地下岩体工程灾害隐患雷达探测与控制研究 [D]. 长沙: 中南大学, 2001.
- [5] 彭涛. 露天转地下开采对矿岩稳定性影响的研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2003.
- [6] Ralph W Marsden, J Richard Lucas. Specialized Underground Extraction Systems [A]. SME Mining Engineering Handbook (Vol 2). Cummins: Given, 1973: 2-29.
- [7] Cao Ping, Peter Guss mann. 3D Slope Stability Analysis with Kinematical Element Technique [A]. Central South University of Technology. Stuttgart, Germany: Institute of Geo-techniques, University of Stuttgart. Jun 1999.